Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik und
Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. K.A. Bushe

Vergleichende Analyse der postoperativen motorischen Komplikationen der perkutanen Chordotomie mit und ohne intraoperative Ableitung des Elektromyogramms zur Optimierung der Zielpunktbestimmung im menschlichen Halsmark

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Maria Bechmann
aus Herzogenrath

Würzburg, den 10. November 1980

1981

Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik und
Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. K.A. Bushe

Vergleichende Analyse der postoperativen motorischen Komplikationen der perkutanen Chordotomie mit und ohne intraoperative Ableitung des Elektromyogramms zur Optimierung der Zielpunktbestimmung im menschlichen Halsmark

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Maria Bechmann
aus Herzogenrath

Würzburg, den 10. November 1980

Referent:	Prof. Dr. med. K.A. Bushe
Korreferent:	Priv.-Doz. Dr. med. G. Winter
Dekan:	Prof. Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 21. 5. 1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

MEINEN ELTERN GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0104

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG

II. PATIENTEN UND METHODIK

III. ERGEBNISSE

A. Klinische Untersuchungsergebnisse

1. Praeoperative Befunde
2. Postoperative Befunde

B. Elektromyographische Befunde

1. Reizpunkte mit motorischen Entladungen
2. Reizpunkte mit erregender und hemmender Wirkung
3. Reizpunkte mit hemmender Wirkung auf die Motorik
4. Übersicht der postoperativen Befunde

IV. DISKUSSION

V. ZUSAMMENFASSUNG

VI. LITERATURVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG

Das Problem der Schmerzausschaltung ist schon seit langem ein zentrales Thema der medizinischen Forschung. Zu den Fortschritten auf diesem Gebiet zählt neben der Entdeckung und Anwendung von schmerzstillenden (Analgetika) und lokal oder allgemein betäubenden Substanzen (Lokalanästhetika bzw. Narkotika) auch die Chordotomie.

Die Chordotomie kann theoretisch als ideale Operation zur Schmerzausschaltung angesehen werden, da durch die Durchtrennung des Tractus spinothalamicus die Schmerzempfindung ausgeschaltet oder in ungünstigen Fällen zumindest soweit herabgesetzt wird, daß dem gesundheitlich schon vorgeschädigten Patienten hohe Dosen von Analgetika erspart werden können.

Auf der Basis der im vorigen Jahrhundert erforschten neuroanatomischen und physiologischen Grundlagen über die Schmerzleitung im Rückenmark (EDINGER, 1889; MÜLLER, 1840; SPILLER, 1905; TÜRCK, 1851) wurden ab der Jahrhundertwende Idee und Methodik zur Durchtrennung des Tractus spinothalamicus entwickelt und verfeinert. 1912 führten SPILLER und MARTIN in den USA und unabhängig von ihnen FÖRSTER (1913 in Breslau) auf Anregung von SCHÜLLER (1910) erstmals eine Chordotomie im klassischen Sinne durch, d.h. nach intraoperativer Freilegung des Tractus spinothalamicus wurde dieser durchtrennt (thorakale anterolaterale Chordotomie). In dem nachfolgenden Zeitraum wurde die Technik des Eingriffes immer wieder variiert und in entscheidendem Maße verbessert bis hin zur jüngsten und erfolgreichsten Technik, eingeführt von MULLAN (1963) und ROSOMOFF (1969).

Von verschiedenen Positionen ausgehend (ventral, lateral, anterior) und mit verschiedenen Methoden wurde das Halsmark eröffnet oder punktiert, und aus den Erfolgen bzw. Mißerfolgen des Eingriffes wurden die Konsequenzen zur Verbesserung der Technik gezogen. So führten FÖRSTER (1927) und STOOKEY (1931) die hohe zervikale Chordotomie (zwischen C 1 und C 2) durch und ermöglichten damit eine höhere und dichtere Analgesiezone. CLOWARD (1964) führte die offene anteriore Chordotomie ein, wodurch die Genauigkeit der Inzision verbessert werden sollte.

Bekannt war die Tatsache, daß bei der hohen zervikalen Chordotomie auch der Tractus reticulospinalis in Mitleidenschaft gezogen wurde (BELMUSTO et al., 1963; SCHWARTZ, 1962; WHILE et al., 1950), was an Bedeutung zunahm, als die Anzahl der beidseitigen Chodotomien wuchs. So veranlaßten Fälle von respiratorischen Komplikationen und Todesfälle während des Schlafes LINN et al. (1966) und GILDENBERG et al. (1968), die anteriore Methode zu wählen, in der Hoffnung, den Tractus reticulospinalis zu schonen. CRUE et al. (1968) führten die posteriore Methode durch, die jedoch keine weite Verbreitung fand. Die bisher fortschrittlichste Neuerung auf dem Gebiet der Chordotomie stellt die von MULLAN et al. (1963) und ROSOMOFF (1965) erstmals beschriebene und auf dem Niveau C 1/C 2 des Halsmarks durchgeführte perkutane Chordotomie dar. Diese Methode übertraf den Erfolg der offenen Chordotomie und wurde bis heute fortlaufend variiert und verbessert, vor allem von MULLAN (1965) und ROSOMOFF (1965).

Sie hatten zunächst versucht, die Schmerzleitung im Tractus spinothalamicus durch radioaktive Strahlung auszuschalten. Wegen der schlechten Steuerbarkeit der Methode verließen sie diese zugunsten der Anwendung einer hochfrequenzinduzierten Thermode. GILDENBERG et al. (1969) führte die Messung des elektrischen Widerstandes ein und TAREN (1969, 1971) die Kombination der Widerstandsmessung mit der elektrischen Stimulation des Rückenmarks zur Zielpunktbestimmung.

Ebenso wichtig wie die Entwicklung der Technik war die sorgfältige Darstellung der physiologischen Bedeutung der Lokalisation der Laesion durch WHITE et al. (1950), TAREN (1971), HITCHKOCK et al. (1969), HITCHKOCK (1972)und TASKER et al. (1973, 1974). Eine weitere Variation war die Anwendung von stereotaktischen Prinzipien durch RAND et al. (1965), FOX (1967), FOX et al. (1968) und HITCHKOCK (1972).

Alle diesen genannten Tatsachen haben zur Perfektion des Eingriffes beigetragen, und seit der Einführung der perkutanen Chordotomie durch MULLAN und ROSOMOFF hat sich die Methode bewährt und inzwischen einen festen Platz in der neurochirurgischen Behandlung des Schmerzes eingenommen (GERLACH, 1967; GROTE, 1975; POECK, 1977).

II. PATIENTEN UND METHODIK

In der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg wurden seit Anfang des Jahres 1975 bis Ende Mai 1978 insgesamt 59 Patienten mit der perkutanen Chordotomie operativ behandelt. Die Technik des Eingriffes ist eine Variation der von MULLAN 1971 publizierten Methode.

Beim wachen Patienten in Rückenlage wird unter Röntgenkontrolle ca. 1 cm unterhalb des Mastoids eine Punktion des Subarachnoidalraumes zwischen HWK 1 und HWK 2 von lateral her durchgeführt. Die Kontrolle der Nadellage ist jederzeit radiologisch möglich. Nach Punktion des Liquorraumes wird über eine geeignete Punktionskanüle eine monopolare oder bipolare konzentrische Reiz - und Koagulationselektrode vorgeschoben. Bei diesem Vorgehen ist die Kontrolle der Impedanzmessung von hervorragender Bedeutung. Diese gelingt leicht mit dem Gerät der Firma RADIONICS, das in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg Verwendung findet. Hierbei ist in der Regel der Impedanzsprung, welcher zwischen Liquorraum und Nervengewebe auftritt, deutlich nachweisbar und kann akustisch dargestellt werden. Die Reiz- und Koagulationssonde besteht aus einer Teflon-beschichteten Stahlelektrode von ca. 0,1 mm Durchmesser; Reizung, Ableitung sowie die Läsion können alternativ auch über eine bipolare Reiz- und Koagulationssonde durchgeführt werden. Die Abisolation der beiden Reiz- und Koagulationssonden, begrenzt durch den Teflonmantel, liegt bei ca. 1,0 mm.

Die Plazierung der Sonde erfolgt unter Röntgenkontrolle, soweit es die umgebenden Strukturen ermöglichen. Insbesondere in der sagittalen Ebene kann eine Variation der Nadellage durch Injektion von röntgenpositivem Kontrastmittel und Luft kontrolliert werden. Bei Insufflation von Luft stellt sich in der Regel die vordere Begrenzung des Markes sehr deutlich dar, während bei Injektion von röntgenpositivem Kontrastmittel ein gut erkennbares Abtropfen der Kontrastmittelkügelchen erfolgt. Dabei zeigen sich normalerweise das Ligamentum dentatum und die hintere Begrenzung des Rückenmarkkanals. Die Reiz- und Koagulationssonde wird ventral vom Ligamentum dentatum plaziert. Hier wird die Sonde in das Rückenmark vorgeschoben.

Das weitere Vorgehen geschieht unter klinischer, d.h. durch Kommunikation mit dem wachen Patienten, und elektrophysiologischer Kontrolle. Die elektrische Reizung erfolgt über ein Reizgerät, welches eine Variation der Intensität der gesetzten Reizimpulse von ca. 1 Millisekunde Breite erlaubt. Hierbei werden Variationen von 0,1 - 1 V erforderlich. Die Impulsfrequenzen werden im Bereich von 1 - 70 Hz verändert. Nach erfolgter Reizung wird Verbalkontakt mit dem Patienten aufgenommen. Dieser beschreibt seine subjektiven Empfindungen.
Es wird berichtet über:
Warm-Kalt-Empfindung bei Reizung des Tractus spinothalamicus-spinoreticularis.
Wechselnde Mißgefühle, zum Teil gastrointestinal, zum Teil kardio-vaskulär.

Bei Reizung im Vorderstrangbereich, des Tractus corticospinalis und des motorischen Extrapyramidalsystems zeigten sich motorische Phänomene. Diese Effekte sind dem Patienten zum Teil unbewußt und werden von ihm nicht sicher kontrolliert, insbesondere bei der verständlichen psychomotorischen Anspannung während des Eingriffes. Besonders schwierig gestaltet sich die Kommunikationsaufnahme natürlich am schwerkranken Patienten oder beim fremdsprachlichen Patienten. Die genannten Schwierigkeiten, die die subjektive Kommunikation voraussetzenden Untersuchungsmethoden haben,waren der Anlaß zur Anwendung einer objektiven Kontrolltechnik.

Dazu wurde seit Mitte 1976 das Elektromyogramm in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg eingeführt. Das EMG registriert deutlich den motorischen Effekt einer Rückenmarksreizung. Hierbei wird in der Regel das Massen-EMG über den Beugern und Streckern (M. quadriceps femoris, M. tibialis anterior, M. soleus) an Ober- und Unterschenkel bipolar durch Einstechen von kleinen Nadelelektroden abgeleitet. Die Summenpotentiale wurden auf Papier und Magnetband aufgezeichnet. Die Nadelableitungen erfassen die Aktionspotentiale einzelner motorischer Einheiten im Gegensatz zu Oberflächenelektroden, die den Nachteil haben, lediglich die Aktivität des Gesamtmuskels zu erfassen.
Bei geeigneten Patienten können auch die Latenzzeiten über eine Registrierung der summierten Reizantworten der Elektromyogramme nach Rückenmarksreizung über einen Mittelwertrechner vom Typ NICOLET 1072 registriert und dargestellt werden.

Von den 59 Patienten, die von Anfang Januar 1975 bis Ende Mai 1978 in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg mit der percutanen Chordotomie behandelt wurden, lagen bei 55 Patienten maligne Grunderkrankungen vor. Bei diesen Grunderkrankungen handelte es sich um bösartige Tumoren mit schon fortgeschrittener Metastasierung, die heftigste Schmerzen verursachten.Die Erkrankung der übrigen 4 Patienten bestand in einem Stumpfschmerz, einem chronischen radikulären Schmerzsyndrom des linken Beines nach Querschnittslähmung, einer chronischen Arachnoidopathie und einem Gefäßverschlußsyndrom. Die Patienten wurden, soweit dazu die Möglichkeit bestand, praeoperativ und direkt postoperativ klinisch untersucht. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag dabei auf den motorischen Störungen, die qualitativ und quantitativ dokumentiert wurden.

Die präoperative Untersuchung der Patienten war notwendig, um eventuell schon bestehende neurologische Ausfälle von den postoperativ zu erwartenden trennen zu können. In der Regel erschwerten präoperativ schon bestehende neurologische Ausfälle die Auswertung der postoperativ zusätzlich auftretenden Läsionsfolgen. Deshalb wurden solche Patienten, die präoperativ bereits erhebliche Ausfallserscheinungen im Bereich der Motorik aufwiesen, nur in den Fällen zur statistischen Auswertung herangezogen, in denen sich die postoperativen Befunde deutlich von den präoperativen abhoben.
Traf das nicht zu, wurden die Patienten von der statistischen Analyse ausgeschlossen. Hierbei kamen speziell solche Patien-

ten in Betracht, die bereits vor dem Eingriff beidseitige Paresen hatten oder solche, an denen eine beidseitige Chordotomie durchgeführt werden mußte.

Unter diese Einschränkung fielen insgesamt 16 Patienten, von denen 15 beidseitig "chordotomiert" wurden und ein Patient wegen präoperativ schon bestehender Querschnittslähmung postoperativ nicht bewertet werden konnte. Die prä- und postoperativen Leistungen in Bezug auf die Motorik und Koordination der Patienten wurden durch folgende Untersuchungsmethoden getestet:

a) Gehversuche und Gangübungen
b) Hebeversuch der oberen und unteren Extremität
c) Treppenversuch
d) Finger- Nase- bzw. Knie- Hackenversuch.

Der Treppenversuch konnte leider nicht bei allen Patienten durchgeführt werden, da viele Patienten durch lange Bettlägerigkeit erhebliche Bewegungseinschränkungen und allgemeine Schwäche zeigten. Eine statistische Auswertung des Treppenversuches war somit wegen mangelnder Vollständigkeit nicht möglich. Die Patienten, die im Zeitraum von Januar 1975 bis Mai 1978 "chordotomiert" wurden, litten wie schon erwähnt, mit Ausnahme von 4 Patienten an malignen Tumoren mit zum Teil schon fortgeschrittener Metastasierung, die zu dem Schmerzsyndrom führten, welches die Indikation zur Durchführung der percutanen Chordotomie darstellt. Durch Einführung des Elektromyogramms und der Evozierten-Potential-Technik seit Mitte 1976 gelang es, eine zusätzliche objektive Kontrolle des Eingriffs durchzuführen.

III. ERGEBNISSE

A. Klinische Untersuchungsergebnisse

1. Praeoperative Befunde

Bei der praeoperativen Untersuchung der Patienten wurden in Abhängigkeit von der Natur des Grundleidens bereits unterschiedliche neurologische Ausfälle beobachtet:

Bei 8,4 % der Patienten fanden sich tumorbedingte Paresen.

Bei 10,1 % fanden sich Blasen-Mastdarmstörungen im Sinne einer Inkontinenz oder Retention.

Die motorischen Störungen betrafen im wesentlichen die unteren Extremitäten. Bei 3,3 % waren auch die oberen Extremitäten betroffen.

Außer diesen Einzelstörungen wurden zu einem geringen Prozentsatz (3,3 %) auch kombinierte Ausfälle gefunden. Unter kombinierten Ausfällen sind Blasenstörungen zusammen mit Ataxie und/oder Parese zu verstehen.

Tabelle 1

Grunderkrankung	praeoperativer Befund	Patienten-zahl	%
Rectum-Ca Prostata-Ca Sigma-Ca	Parese (Plexus lumbalis)	5	8,4
Collum-Ca	Blasen-Mast-darm-Störung	6	10,1
Pancoast-Tu	Motor. Störung der oberen Extremitäten	2	3,3
Querschnitts-lähmung	Kombinations-störung	2	3,3

2. Postoperative Befunde

Bei den in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg durchgeführten perkutanen Chordotomien wurden 44 einseitig und 15 doppelseitig durchgeführt.

Als Indikation zum doppelseitigen Eingriff bestanden hauptsächlich maligne Tumoren thorako-abdominal mit beidseitiger Schmerzprojektion, oder es erfolgte nach gelungenem ersten Eingriff primär eine Verlagerung der Schmerzen auf die Gegenseite, deren Intensität den anfänglichen Beschwerden nahezu gleichkam. Bei diesen Chordotomien sind insbesondere folgende postoperativen Erscheinungen erwähnenswert:

3 Patienten mit Paraparese der unteren Extremitäten,
2 Patienten mit passageren Atemstörungen während des Nachtschlafes, 1 Patient mit einer Ataxie II. Grades (s. Tab. 2).
Über Blasen- und Mastdarmstörungen ist wegen bereits präoperativ bestehender massiver Störungen eine zahlenmäßige Aussage aus diesem Kollektiv nicht möglich.

Bei den einseitig durchgeführten Chordotomien fanden sich folgende wesentlichen Befunde:

11,6 % zur Läsion ipsilaterale Paresen
3,3 % zur Läsion kontralaterale Paresen
6,9 % ataktische Störungen
2,3 % Blasenentleerungsstörungen
9,3 % kombinierte Störungen

Unter kombinierten Störungen sind, wie bereits erwähnt, Blasenentleerungsstörungen zusammen mit einer Ataxie und/oder Parese zu verstehen.

Tabelle 2

Schweregrade der Paresen

I	Heben des paretischen Beines gegen die Schwerkraft noch möglich. Laufen gut möglich.
II	Heben des paretischen Beines gegen die Schwerkraft nicht mehr möglich. Laufen mit Gehhilfen möglich.
III	Laufen mit größter Anstrengung oder gar nicht mehr möglich.

Bei den oben aufgeführten Prozentsätzen muß wegen der seit 1976 eingeführten EMG-Kontrolle eine Differenzierung getroffen werden. Wie schon vorher erwähnt, wurden insgesamt 43 Patienten einseitig "chordotomiert". Dieses Kollektiv setzt sich aus zwei Gruppen von Patienten zusammen:

Gruppe 1 besteht aus 15 Patienten, an denen der Eingriff ohne EMG-Kontrolle durchgeführt wurde.
Gruppe 2 besteht aus 28 Patienten, die unter EMG-Kontrolle operiert wurden.

Der Vergleich dieser beiden Gruppen hinsichtlich der dem Eingriff folgenden Störungen erbrachte folgende Ergebnisse:
Bei Gruppe 1 wiesen 26 % der Patienten postoperative Paresen auf, deren Schweregrade alle den Gruppen II und III (s. Tab. 2) zuzuordnen waren.
In der Gruppe 2 hatten 10 % der Patienten postoperative Paresen ausschließlich mit dem Schweregrad I (s. Tab. 2).
Bei ebenfalls 10 % wurden kombinierte Ausfälle gefunden.

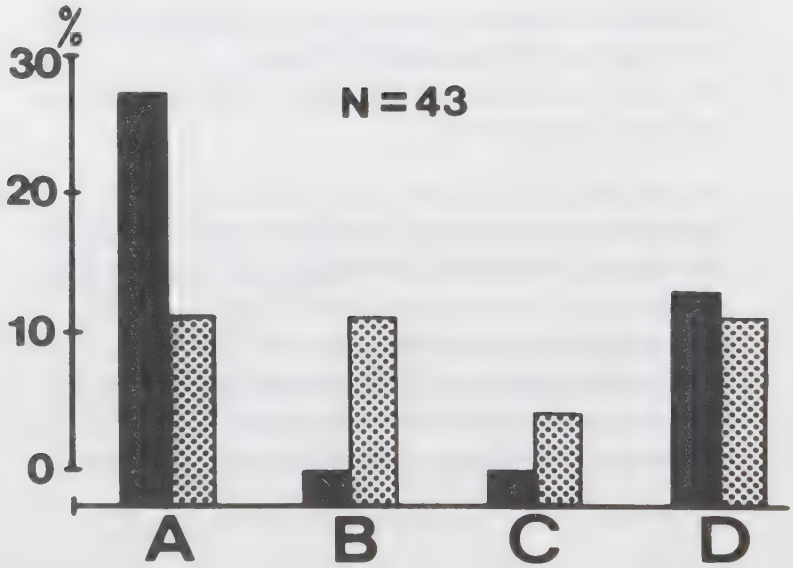

Abb. 1

Prozentuale Verteilung neurologischer Ausfallserscheinungen nach einseitiger perkutaner Chordotomie.

A = Parese

B = Ataxie

C = Blasenstörung

D = kombinierte Ausfälle

Eingriffe ohne elektromyographische Kontrolle

Eingriffe mit elektromyographischer Kontrolle

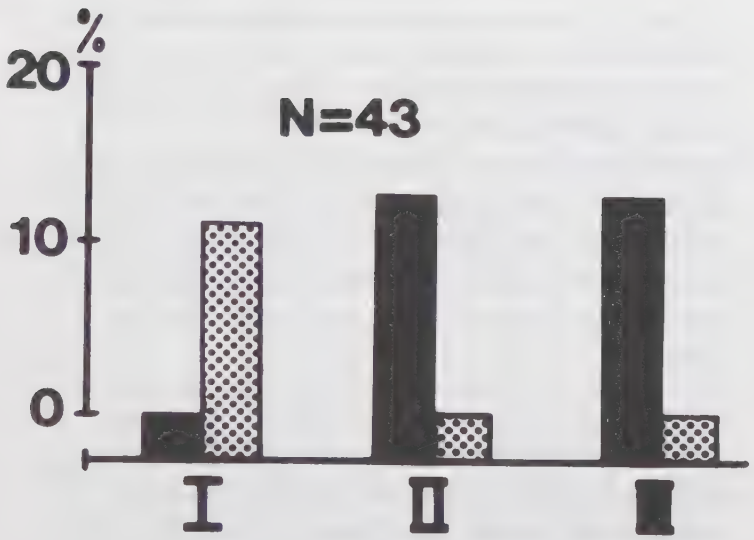

Abb. 2
Häufigkeitsverteilung der Schweregrade der Paresen in dem Kollektiv von 43 Patienten nach einseitiger perkutaner Chordotomie.

Eingriffe ohne elektromyographische Kontrolle

Eingriffe mit elektromyographischer Kontrolle

Wie aus den Histogrammen zu ersehen ist, ist bei den unter EMG-Kontrolle durchgeführten Operationen die Prozentzahl der postoperativ aufgetretenen Paresen deutlich vermindert, nämlich von 26 % auf 10 %.
Ebenfalls hervorgehoben werden muß, daß der Schweregrad der Paresen zurückgegangen ist. Während die Patienten, die ohne EMG-Kontrolle "chordotomiert" wurden, Paresen II. und III. Grades zeigten, fanden sich bei denjenigen, die mit EMG-Kontrolle operiert wurden, ausschließlich Paresen I. Grades.

Ebenfalls deutlich zu erkennen ist die Rückläufigkeit der kombinierten Störungen nach Eingriffen unter EMG-Kontrolle. Bei der Gruppe von Patienten, die ohne EMG-Kontrolle "chordotomiert" wurden, traten keine isolierte Ataxie oder Blasenfunktionsstörungen im Sinne einer Entleerungsschwäche alleine auf, sondern immer zusammen mit einer zweiten Ausfallerscheinung. Im Gegensatz dazu stehen die unter EMG-Kontrolle operierten Patienten, bei denen Ataxien und Blasenfunktionsstörungen isoliert auftraten.

Am deutlichsten sichtbar jedoch ist der Erfolg der EMG-Kontrolle am gesunkenen Prozentsatz der Paresen und Kombinationsstörungen nachweisbar.

B. Elektromyographische Befunde

Bei der elektrischen Reizung des Halsmarks wurden unterschiedliche motorische Befunde erhoben. Es kam hierbei in Abhängigkeit von der Reizschwelle zu verschiedenen motorischen Erscheinungen, die zum einen klinisch bewertet und zum anderen quantitativ durch Anwendung der elektromyographischen Kontrolle ausgewertet werden konnten.

1. Reizpunkte mit motorischen Entladungen

Bei elektrischer Reizung des Rückenmarks über die Koagulationselektroden konnten motorische Entladungen im ipsilateralen Bein ausgelöst werden. Bei nahezu allen Patienten, die dieser Untersuchung unterzogen wurden, zeigten sich regelhaft motorische Entladungen im seitengleichen Arm. Die motorischen Reaktionen waren abhängig von der Reizschwelle und der gewählten Reizform. Verwendet wurden sowohl Einzelreize als auch höherfrequente Reizserien mit Frequenzen bis zu 60-70 Hz.

Klinische Beobachtungen:
Bei der elektrischen Einzelreizung fanden sich reizsynchrone Zuckungen des seitengleichen Armes, sowie gelegentlich auch reizsynchrone Zuckungen im seitengleichen Bein, insbesondere bei höherschwelligen Reizen. Die EMG-Untersu-

chung zeigte in solchen Fällen ein phasisches Impulsmuster, welches den Zuckungen entsprach. Da sich bei allen Patienten, die in dieser Studie durch elektrische Reizung untersucht wurden, eine motorische Armentladung fand, wird diese Ableitung der Erregung der vom Plexus cervicalis ausziehenden motorischen Fasern des entsprechenden Armes zugeordnet und daher nicht weiter in die Untersuchung mit einbezogen. Bei der elektromyographischen Untersuchung des Beines fanden sich nur gelegentlich reizsynchrone Impulsmuster bei Einzelreizung. Bei höherfrequenter Serienreizung jedoch ist eine tonische Steigerung des muskulären Entladungsmusters zu beobachten.

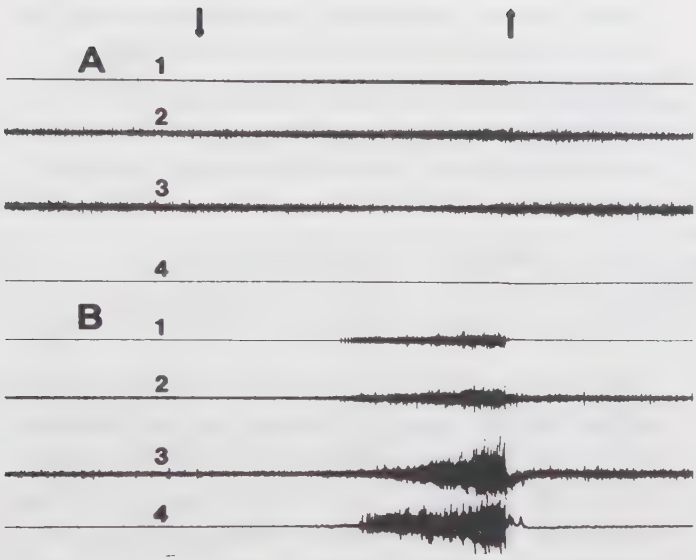

Abb. 3

Reizorte im Zervikalmark mit Auswirkung auf den Muskeltonus

A = linkes Bein

B = rechtes Bein

1 = Strecker im Kniegelenk

2 = Beuger im Kniegelenk

3 = Fußheber

4 = Fußsenker

↓ Beginn ↑ Ende der elektrischen Serienreizung mit 70 Hz und Zunahme der Reinzintensität von 0 bis 0,2 V

Beachte: Deutliche Zunahme des Muskeltonus der gesamten Beinmuskulatur

Dieses tonische Ansteigen der Muskelspannung wurde auf eine direkte Reizung motorischer monosynaptischer (Tractus corticospinalis) oder polysynaptischer Bahnen (Tractus reticulospinalis, bulbospinalis) zurückgeführt. Bei diesen Reizorten wurde keine Koagulation durchgeführt.

2. Reizpunkte mit erregender und hemmender Wirkung

Es fanden sich nach elektrischer Reizung im Halsmark im abgeleiteten EMG sowohl Erregungsphasen als auch alternierend auftretende Hemmungsphasen. Dieses Impulsmuster wurde im wesentlichen beobachtet, wenn in der röntgenologischen Kontrolle die Reiz- und Koagulationssonde im ventralen Abschnitt des Rückenmarks lag. Bei diesen Impulsmustern wurde in der Regel keine Koagulation durchgeführt. Interessant ist hier anzumerken, daß bei solchen Impulsmustern der Patient gelegentlich bereits entsprechende sensible Empfindungen für die kontralaterale Körperhälfte angab, die für eine Mitreizung des Tractus spinothalamicus, spinoreticularis charakteristisch sind, nämlich Kältegefühl, Wärmegefühl und Schmerzsensation.

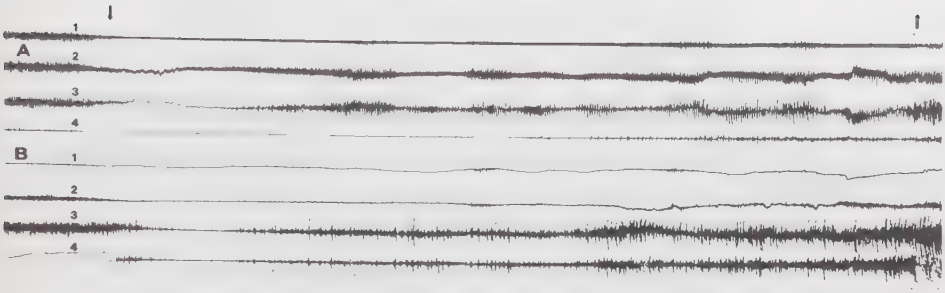

Abb. 4

Reizorte im Zervikalmark mit Auswirkung auf den Muskeltonus

A = linkes Bein

B = rechtes Bein

1 = Strecker im Kniegelenk

2 = Beuger im Kniegelenk

3 = Fußheber

4 = Fußsenker

⬇ Beginn ⬆ Ende der elektrischen Serienreizung mit 70 Hz und Zunahme der Reizintensität von 0 bis 0,2 V

Beachte: Trotz konstanter Serienreizung mit 70 Hz und gleichbleibender Reizintensität alternierendes EMG-Muster, phasische Erregung und Hemmung.

3. Reizpunkte mit hemmender Wirkung auf die motorischen Entladungen des Impulsmusters der unteren Extremitäten

Bei Lage der Reiz- und Koagulationssonde im Bereich des Tractus spinothalamicus, jedoch eher etwas peripher, eventuell im Bereich des Tractus spinocerebellaris, kam es in der Regel zu motorischen Hemmungsvorgängen mit deutlichem Absinken der muskulären Spontanaktivität im Bereich der unteren Extremitäten. Dieses wurde von den Patienten subjektiv als zunehmendes Schweregefühl der Beine angegeben. Die motorischen Hemmungseffekte sind deutlich reizabhängig. Der Muskeltonus steigt nach Reizende wieder an (s. Abb. 5). Im Bereich dieses Impulsmusters bei gegebenen charakteristischen sensiblen Effekten (Kälte-, Wärme-, Schmerzgefühl) wurden Läsionen gesetzt. Die hierbei vorgefundenen Läsionsergebnisse zeigten in der Regel unmittelbar postoperativ, daß die ipsilateralen unteren Extremitäten mit gleicher Kraft bewegt werden konnten. Gelegentlich fanden sich jedoch bei Prüfung der sensomotorischen Koordination deutliche Anzeichen für eine Ungeschicklichkeit in der Bewegungsabfolge (Ataxie).
Offensichtlich ist hier der Tractus cerebellospinalis für die zeitgerechte Abfolge des Muskeleinsatzes bei Zielbewegungen miterforderlich, sodaß bereits direkt nach der Läsion entsprechende Ausfallserscheinungen nachgewiesen werden können.

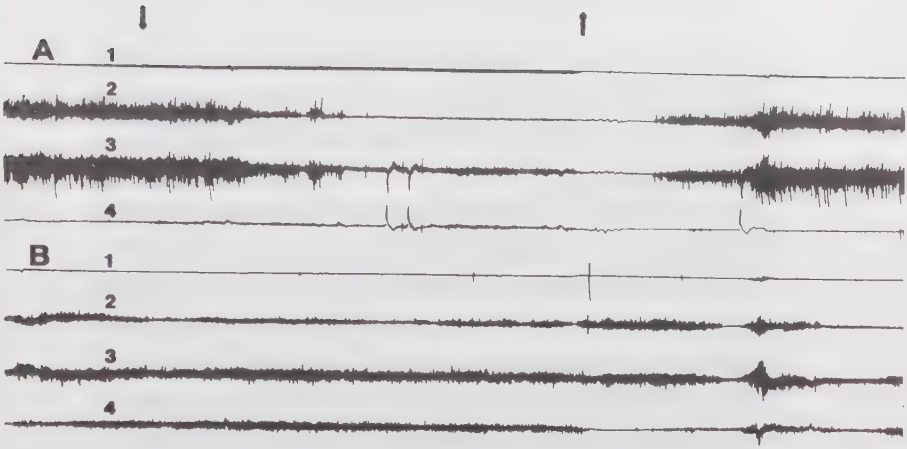

Abb. 5

Reizorte im Zervikalmark mit Auswirkung auf den Muskeltonus

A = linkes Bein

B = rechtes Bein

1 = Strecker im Kniegelenk

2 = Beuger im Kniegelenk

3 = Fußheber

4 = Fußsenker

↓ Beginn ↑ Ende der elektrischen Serienreizung mit 70 Hz und Zunahme der Reinzintensität von 0 bis 0, 2 V

Beachte: Markante Abnahme der Muskelspannung im linken Bein

4. Übersicht der postoperativen Befunde

Bei der klinischen Untersuchung der Patienten wenige Stunden oder Tage nach dem Eingriff fanden sich motorische und sensible Ausfälle und Störungen der sensomotorischen Koordination.
Wie oben erwähnt, müssen die Läsionsergebnisse für den Zeitbereich von Anfang 1975 bis Mitte 1976 und Mitte 1976 bis Mai 1978 differenziert aufgeführt werden, um Aufschlüsse über den Wert des Einsatzes der EMG-Kontrolle zu gewinnen. Deutlich herauszustellen ist, daß sich die beiden Gruppen hinsichtlich des Prozentsatzes der Paresen und deren Schweregrade unterscheiden. Der Anteil der postoperativen Paresen ist in der Gruppe der unter EMG-Kontrolle operierten Patienten deutlich zurückgegangen.

Auffällig ist außerdem die Minderung des Ausprägungsgrades der jeweiligen Parese, sodaß jetzt nachweisbare Paresen manchmal klinisch nicht mehr sicher von einer ataktischen Funktionsstörung unterschieden werden können. Bei einzelnen Patienten ist dagegen erwiesen, daß eindeutig eine der beiden Komponenten überwiegt, entweder Ataxie oder Parese.

IV. DISKUSSION

Neben der perkutanen Chordotomie gibt es noch eine ganze Reihe Operationsmethoden zur Beseitigung inkurabler Schmerzzustände. Es seien hier nur einige aufgeführt, wie z. B. die vordere Commissurotomie (PUTNAM, 1934; GRUNERT et al. 1970) zur isolierten Schmerzausschaltung in höheren Segmenten, die dorsale Rhizotomie (BARRASH et al., 1973), die offene Chordotomie (CLOWARD, 1964) und die Thalamotomie (KEMATSU, 1975). Die perkutane Chordotomie ist jedoch zur Zeit die Methode der Wahl, um Schmerzsyndrome zu beseitigen und damit gleichzeitig den Analgetikaverbrauch drastisch zu reduzieren, wenn nicht gar ganz überflüssig zu machen.

Mit der bei der perkutanen Chordotomie gesetzten Laesion im Bereich des Tractus spinothalamicus, spinoreticularis wird ein System betroffen, welches außer für Reizleitung und Reizverarbeitung des noziceptiven Systems auch für die Informationsverarbeitung der Rezeptoren der Thermorezeption und Vibrationsempfindung zuständig ist (DÉJÉRINE, 1901). Wie aus neuroanatomischen und neurophysiologischen Studien bekannt ist, wird durch Noziceptoren der Schmerzreiz aufgenommen und sowohl mit Aδ wie auch mit C-Fasern im Bereich der peripheren Nerven zu den Hinterwurzeln und Ursprungskernen geleitet (THUNBERG, 1902; ZOTTERMANN, 1939). Aδ - Fasern sind dünn, myelinisiert und leiten schnell (20m/sec). C - Fasern sind nicht myelinisiert und leiten langsam (1m/sec) (GASSER, 1935). Die erste Umschaltung erfolgt im

Bereich der Substantia gelatinosa, wo afferente Schmerzimpulse auf die zweiten Neurone des Tractus spinothalamicus, spinoreticularis umgeschaltet werden. Die Umschaltung erfolgt allerdings nicht wie früher angenommen als reine Verteilung, sondern es findet bereits eine Datenverarbeitung im Sinne eines entsprechenden Übersetzerverhaltens der jeweiligen Synapse wie auch ein hemmender Einfluß über zentrale Impulse durch zwischengeschaltete Interneurone statt (MELZACK et al. 1968). Nach Umschaltung der afferenten Schmerzimpulse auf die Neuronen des Tractus spinothalamicus kommt es zu einer Kreuzung der entsprechenden Bahnen zur Gegenseite über die Rückenmarkskommissur. Die Faserverbindungen laufen im Tractus spinothalamicus entweder kontinuierlich bis zu den thalamischen Relais-Kernen oder aber im Tractus spinoreticularis bis zu den oftmals multinodal erregbaren Neuronen der Formatio reticularis vom Bulbärhirn bis in das Mesencephalon reichend. Diese bereits im Rückenmark angelegte Dichotomie der Schmerzleitung hat weitreichende Folgen. Die afferenten Schmerzimpulse im Bereich des Tractus spinothalamicus werden über die thalamischen Relais-Kerne nach kortikal weitergeschaltet, wo eine Ort- Zeit-Intensitätsanalyse wahrscheinlich im Bereich des Gyrus postzentralis stattfindet (HASSLER, 1959; 1971; 1972). Der Tractus spinoreticularis und Teile des Tractus spinothalamicus finden eine weitere Verschaltung in den unspezifischen Kerngebieten, die eine Beziehung zum limbischen System haben (Schmerz mit Affekt verbunden) (EBBECKE, 1947; 1952; HASSLER, 1976).
Hier wird wahrscheinlich eine Bedeutungsanalyse durchgeführt.

Vor Einführung der perkutanen Chordotomie war im Fall eines schweren Schmerzsyndroms die offene Chordotomie die Methode der Wahl. Sie brachte jedoch viele Nachteile mit sich, die durch Einführung der perkutanen Chordotomie wegfallen. So ist Vollnarkose überflüssig geworden, der Krankenhausaufenthalt wird verkürzt, der Prozentsatz der Paresen und Blasenfunktionsstörungen als Komplikation der offenen Chordotomie deutlich gesunken, wenn auch noch nicht ganz ausgemerzt (ROSOMOFF, 1966; MÜKE et al., 1975; PENZHOLZ, 1977).

Die Vorteile der perkutanen Chordotomie sind vor allem als Erfolge der Verbesserung und Präzision der Technik des Eingriffs anzusehen (GILDENBERG et al., 1969; ENTZIAN et al., 1975). Dennoch können Komplikationen nach Durchführung einer perkutanen Chordotomie nicht ausgeschlossen werden. Es treten vor allem Störungen von seiten des motorischen Systems her auf (siehe Abb. 1): Ataxien, neurovegetative Dysregulationen im Sinne von Blasenfunktionsstörungen, Paresen und bei doppelseitiger Chordotomie Atemstörungen während des Schlafes (WHITE et al., 1950; 1969; NATHAN, 1963; BISCHOF et al., 1965; MULLAN et al., 1968; ROSOMOFF et al., 1974; PENFIELD, 1943; BELMUSTO et al., 1962; 1963; SCHWARTZ, 1962). Es muß an dieser Stelle erwähnt werden, daß die meisten der postoperativen Folgen bei sorgfältiger Durchführung des Eingriffes passagerer Natur sind, d.h. sie zeigen eine gute Rückbildungstendenz und sind nach ca. 8-14 Tagen vollständig verschwunden (MULLAN,1971). Es wurden Untersuchungen angestellt über die Ursachen der Komplikationen und es kam zu folgenden Ergebnissen:

Die Art der Störungen hängt ab von der Lokalisation und der Größe der Laesion (TAREN et al., 1969), evtl. vorhandenen Lagevariationen des Tractus spinothalamicus (SWEET, 1976) und dem durch den Eingriff an Ort und Stelle entstandenem Zelloedems (SWEET, 1976; WICKBOLDT et al., 1977). Diese bislang als unvermeidlich angesehene Situation hat dazu geführt, intraoperativ mit Hilfe apparativer neurophysiologischer Technik eine Verbesserung der Ziellokalisation anzustreben.

Wie im Ergebnisteil übersichtlich dargestellt, kommt es zu einer bemerkenswerten Veränderung der elektromyographischen Entladung im Bereich der Muskulatur der unteren Extremitäten bei Reizung im Halsmark. Es wurden Reizorte mit erregenden Einflüssen, mit hemmenden Einflüssen auf die Muskulatur der unteren Extremitäten beschrieben (Abb. 3, 5). Es fanden sich auch Reizorte mit alternierenden (hemmenden und erregenden) Effekten (Abb. 4). Wie im Ergebnisteil dargestellt, konnten im Wesentlichen solche Strukturen ohne größere motorische Ausfälle postoperativ lädiert werden, die einerseits zum Bereich des noziceptiven Systems gerechnet werden müssen seitens der sensiblen Antworten, zum anderen jedoch hemmende motorische Effekte zeigen (Abb. 5). Bei diesen Reizlokalisationen fanden sich lediglich geringe und im Zeitraum von 8-14 Tagen passagere völlig rückbildbare motorische Störungen. Die Reizorte mit erregenden und alternierenden EMG- Mustern wurden nicht lädiert, da hier vor allem wegen der kurzen Latenzen der ausgelösten Antworten eine Reizung direkter motorisch relevanter Strukturen angenommen wurden. Hierbei wurde an den Tractus corticospi-

nalis, vor allem aber an die extrapyramidal motorischen Bahnen gedacht (Tractus reticulospinalis, rubrospinalis).

Wie die Ergebnisse zeigen, scheint der Einsatz der elektromyographische Kontrolle insgesamt gesehen, geringe Besserung hinsichtlich der Pareserate und deutliche Besserung hinsichtlich der Pareseausprägung zu bringen (siehe Abb. 1, 2). Es war oftmals sogar so, daß zwischen Parese und ataktischer Funktionsstörung, also sensomotorischer Koordinationsstörung, die womöglich auf die Laesion des Tractus cerebellospinalis zu beziehen ist, nicht sicher unterschieden werden konnte. Da eine Laesion des Tractus spinocerebellaris bei der gesamten Methodik nicht zu vermeiden ist, scheint es zu gelingen, mit Hilfe des geschilderten Weges die unvermeidbar gesetzte Zusatzschädigung auf das Minimum zu reduzieren. Hiermit ist das Ziel des Eingriffes mit Minimallaesion erreicht. Inwieweit es möglich ist, durch die apparative Untersuchung im Weiteren auch des sensorischen Teils eine exakte Ziellokalisation gänzlich ohne Kooperation des Patienten, also z. B. in Narkose, durchzuführen, muß z. Zt. noch offen bleiben. Es darf aber festgestellt werden, daß die perkutane Chordotomie durch die hier dargestellte Methodik um ein erhebliches sicherer geworden ist.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg wurden im Zeitraum von 1975 bis 1978 43 an inkurablen Schmerzzuständen leidende Patienten mit der perkutanen Chordotomie behandelt. Von diesem Patientenkollektiv wurden 15 ohne intraoperative EMG-Kontrolle und 28 mit intraoperativer EMG-Kontrolle operiert. Die Patienten wurden prae- und postoperativ hinsichtlich des Auftretens von motorischen Störungen (Parese, Ataxie, Blasenfunktionsstörungen und Kombinationsstörungen) untersucht und diese in Schweregrade unterteilt. Schweregrad I bedeutet für den Patienten eine geringfügige Einschränkung seiner Kraft und Beweglichkeit. Bei Schweregrad II kann die betroffene Extremität gegen die Schwerkraft nicht mehr gehoben werden, wohingegen Laufen noch möglich ist. Als Schweregrad III wurde Bewegungsunfähigkeit des betroffenen Körperteils bezeichnet.
Die Ergebnisse unserer Untersuchungen wurden gegenübergestellt: Bei der Patientengruppe, bei der der Eingriff ohne EMG-Kontrolle vorgenommen wurde, traten bei 26 % im postoperativen Verlauf Paresen auf.
Diese wiesen grundsätzlich die Schweregrade II und IIIauf.
Bei 13 % der Patienten aus dieser Gruppe fanden wir Kombinationsstörungen (d.h. Parese, Blasenstörung und/oder Ataxie).
Bei den Patienten, die mit intraoperativer EMG-Kontrolle behandelt wurden, betrug der Prozentsatz der Paresen postoperativ 10 %. Er sank im Vergleich zu den ohne EMG operierten um 16 %, d.h. von 26 % auf 10 %. Die Paresen wiesen

ausschließlich den Schweregrad I auf. Der Prozensatz der Kombinationsstörungen betrug 10 %. Er war somit um 3 % geringer, gemessen an den Patienten, die ohne EMG-Kontrolle behandelt wurden.

Während des Eingriffes wurden durch intraspinale elektrische Reizungen unterschiedliche motorische Effekte erzielt an der Muskulatur der unteren Extremitäten. Wir unterschieden bei supralimitärer Reizung:

Reizorte mit erregender Wirkung

Reizorte mit hemmender Wirkung

Reizorte mit alternierender Wirkung

Wir beschränken uns auf die Applikation von Läsionen ausschließlich bei Nachweis von motorischen Hemmeffekten, um eine Desintegration überwiegend excitatorisch wirkender Motoreinflüsse zu vermeiden.

Die klinischen Untersuchungsergebnisse bestätigen das neurophysiologische Konzept.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

BARRASH, J.M.
LEAVENS, M.E.
Dorsale rhizotomy for the relief of intractable pain of malignant tumor origin
J. Neurosurg. 38, 755-757 (1973)

BELMUSTO, L.
BROWN, E.
OWENS, G.
Clinical observations on respiratory and vasomotor disturbance as related to cervical cordotomies
J. Neurosurg. 20, 225-232 (1963)

BELMUSTO, L.
OWENS, G.
Surgical control of pain in the elderly patient with cancer
Amer. J. Surg. 103, 709-711 (1962)

BISCHOF, W.
SCHÜTTE, W.
Komplikationen nach Cordotomien
Zbl. Neurochir. 25, 233-243 (1965)

CLOWARD, R.B.
Cervical cordotomy by the anterior approach
J. Neurosurg. 21, 19-25 (1964)

CRUE, B.L.
TODD, E.M.
CARREGAL, E.J.A.
Posterior approach for high cervical percutaneous radiofrequency cordotomy
Confin. Neurol. (Basel), 30, 41-52 (1968)

DEJERINE
Moelle epiniere. in: DEJERINE, KLUMPKE, Anatomie des centres nerveuses, tome II
Paris: J. Rueff 1901

EBBECKE, U. Der Schmerz als Reflexempfindung und Affekt
Die Naturwiss. 34, 336-343 (1947)

Physiologie und Psychologie des Schmerzes
III. Neurovegetatives Symposium, Salzburg, 1952

EDINGER, L. Über die Fortsetzung der hinteren Rückenmarkswurzeln zum Gehirn
Anat. Anz. 4, 121-128 (1889)

ENTZIAN, W.
LINKE, D. Experience with percutaneous cordotomy. In: Advances in Neurosurgery, Vol. 3: Brain Hypoxia, Pain. Hrsg. v. H. Penzholz, M. Brock, J. Hamer, M. Klinger und O. Spoerri.
Berlin-Heidelberg-New York: Springer

FOERSTER, O. Vorderseitenstrangdurchtrennung im Rückenmark zur Beseitigung von Schmerzen
Berl. klin. Wschr. 50, 1499 (1913)

Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände
Berlin-Wien: Urban Schwarzenberg 1927

FOX, J.L. Percutaneous stereotaxic cordotomy for relief of intractable pain
Med. Ann. D.C. 36, 341-344 (1967)

FOX, J.L.
GREEN, R.C.
Percutaneous stereotaxic cordotomy. II. A guidance technique for the anterior approach
Acta neurochir. 18, 318-326 (1968)

GASSER, H.S.
Conduction in nerves in relation to fiber types
Res. Publ.Ass.nerv.ment.Dis. 15, 35-59 (1935)

GERLACH, J.
Grundriß der Neurochirurgie
Darmstadt: Dr.D. Steinkopff 1967

GILDENBERG, P.L.
Anterior percutaneous cervical cordotomy. Determination of target point and calculation of angle of insertion
J. Neurosurg. 28, 291 (1968)

GILDENBERG, P.L.
ZANES, C.
FLITTER, M.
Impedance measuring device for detection of penetration of the spinal cord in anterior percutaneous cervical codotomy.
Technical note.
J.Neurosurg. 30, 87-92 (1969)

GROTE, W.
Neurochirurgie
G. Thieme, Stuttgart 1975

GRUNERT, V.
SUNDER-PLASSMANN, M.
GESTRING, G.F.
Thorakale kommissurale Myelotomie zur Schmerzausschaltung
Acta chir. aust. 2, 97-100 (1970)

HASSLER, R.

Die zentralen Systeme des Schmerzes
Acta neurochir. (Wien) Ref.-Bd. I.
Europ. Neorochir. Kongr. 1959

Zur Pathogenese des Schmerzes
In: Schmerz und Schmerztherapie
(Hrsg. D. Gross, D. Langen)
Stuttgart: Hippokrates 1971

Über die Zweiteilung der Schmerzleitung
in die Systeme der Schmerzempfindung
und des Schmerzgefühls.
In: Schmerz (Hrsg. JANZEN, KEIDEL,
HERZ, STREICHLE). S. 105-119
Stuttgart: Thieme 1972

Wechselwirkungen zwischen dem System
der schnellen Schmerzempfindung und
dem des langsamen-nachhaltigen
Schmerzgefühls
Langenbecks Arch. Chir.: Kongreß-
bericht 342, 47 (1976)

HITCHKOCK, E.
LEWIN, M.

Stereotactic recording from the
spinal cord of man
Brit. Med. J. 4, 44-45 (1969)

HITCHKOCK, E.

Stereotaxis of the spinal cord
Confin. Neurol. 34, 299-310 (1972)

KEMATSU, S.

Thalamotomy for alleviation of
intractable pain
Confin. Neurol. 37, 79 (1975)

LIN, P.M.
GILDENBERG, P.L.
POLAKOFF, P.P.
An anterior approach to percutaneous lower cervical cordotomy
J. Neurosurg. 25, 553-560 (1966)

MELZACK, R.
WALL, P.
Gate control theory of pain
In: Pain (eds. A. SOULAIRAC, J. CAHN, J. CHARPENTIER)
London-New York: Academic Press 1968

MÜLLER, J.
Handbuch der Physiologie des Menschen
Koblenz: Hölscher 1840

MÜKE, R.
CORREIA, A.
Potential and limits of percutaneous cervical cordotomy
In: Advances in Neurosurgery, Vol. 3: Brain Hypoxia, Pain. Hrsg. v. H. Penzholz, M. Brock, J. Hamer, M. Klinger und O. Spoerri.
Berlin-Heidelberg-New York 1975

MULLAN, S.
HARPER, P.V.
HEKMATPANAH, J.
TORRES, H., DOBBIN, G.
Percutaneous interruption of spinal-pain tracts by means of strontium-needle
J. Neurosurg. 20, 931-939 (1963)

MULLAN, S.
New techniques in neurosurgery
Postgrad. Med. 37, 636-641 (1965)

Modern techniques in the management of pain
Illinois Med. J. (Chicago) 133, 598-601 (1968)

MULLAN, S. — Percutaneous cordotomy
J. Neurosurg. 35, 360-366 (1971)

NATHAN, P.W. — Results of antero-lateral cordotomy for pain in cancer
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 26, 353-362 (1963)

PENFIELD, W. — Diskussion zu: STOKEY, B.: The management of intractable pain by chordotomy
Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis. 23, 431 (1943)

PENZHOLZ, H. — Neurochirurgische Behandlung inkurabler Schmerzzustände
Chirurg 48, 300-306 (1977)

POECK, K. — Neurologie
Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1977

PUTNAM, T.J. — Myelotomy of the commissure. A new method of treatment for pain in the upper extremities
Arch. Neurol. Psychiat. (Chic) 32, 1189-1193 (1934)

RAND, R.W.
BAUER, R.O.
SMART, C.R.
JANETTA, P.J. — Experiences with percutaneous stereotaxic cryochordotomy
Bull. Los Angeles neurol. Soc. 30, 142-147 (1965)

ROSOMOFF, H.
CARROLL, F.
BROWN, J.
SHEPTAK, P.
Percutaneous radiofrequency cervical chordotomy: technique
J. Neurosurg. 23, 639-644 (1965)

ROSOMOFF, H.
Modern pain relief: percutaneous chordotomy
J. Amer. med. Ass. 196, 765-770 (1966)

Bilateral percutaneous cervical radiofrequency chordotomy
J. Neurosurg. 31, 41-46 (1969)

ROSOMOFF, H.
KRIEGER, A.J.
Sleep induced apnoe
Part 1, Part 2
J. Neurosurg. 39, 168-180, 181-185, (1974)

SCHÜLLER, A.
Über operative Durchtrennung der Rückenmarksstränge (Chordotomie)
Wien. med. Wschr. 60, 2292-2296 (1910)

SCHWARTZ, H.G.
High cervical chordotomy. Technique and results
Clin. Neurosurg. 8, 282-293 (1962)

SPILLER, W.G.
The occasional clinical resemblance between caries of the vertebrae lumbothoracic syringomyelia and the location within the spinal cord of the fibres for the sensation of pain and temperature
Univ. Pensylvania med. Bull. 18, 147-154 (1905)

SPILLER, W.G.
MARTIN, E.
The treatment of persistant pain of organic origin in the lower part of the body by division of the anterolateral column of the spinal cord
J. Amer. med. Ass. 58, 1489-1490 (1912)

STOOKEY, B.
Chordotomy of the second cervical segment for relief from pain due to recurrent carcinoma of the breast
Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.) 26, 443 (1931)

SWEET, W.H.
Recent observation pertinent to improving anterolateral cordotomy
Clinical Neurology 23, 80-95 (1976)

TAREN, J.A.
Physiologic corroboration in stereotaxic high cervical cordotomy
Confin. Neurol. (Basel) 33, 225-290 (1971)

TAREN, J.A.
DAVIS, R.
CROSBY, E.C.
Target physiologic corroboration in stereotaxic cervical cordotomy
J. Neurosurg. 30, 569-584 (1969)

TASKER, R.R.
ORGAN, L.W.
Percutaneous cordotomy. Physiological identification of target site
Confin. Neurol. (Basel) 35, 110-117 (1973)

TASKER, R.R.
ORGAN, L.W.
SMITH, W.
Physiological guidelines for the localization of lesions by percutaneous cordotomy
Acta Neurochir. (Wien) 21, 111-117 (1974)

THUNBERG, T.
Untersuchungen über die bei einer einzelnen momentanen Hautreizung auftretenden zwei stechenden Empfindungen
Skand. Arch. Physiol. 12, 394 (1902)

TÜRCK, L.
Ergebnisse physiologischer Untersuchungen über die einzelnen Stränge des Rückenmarks
S.-B. Adad. Wiss. Wien 4, 427-430 (1851)

WHITE, J.C.
SWEET, W.H.
Pain and the neurosurgeon. A forty year experience
Springfield/Ill.: Ch. C. Thomas 1969

WHITE, J.C.
SWEET, W.H.
HAWKINS, R.
NILGES, R.C.
Anterolateral cordotomy: results, complications and causes of failure
Brain 73, 346-367 (1950)

WICKBOLDT, J.
MILTNER, F.
The value of EMG-monitoring in percutaneous cordotomy
Neurosurgical Clinic of the University Würzburg. Veröffentlicht auf dem Neurochir. Kongress Köln 1977

ZOTTERMANN, Y. Touch, pain and tickling: an electrophysiological investigation on cutaneous sensory nerves. J. Physiol. (Lond.) 95, 1-28 (1939)

Herrn Prof. Dr. med. K.A. Bushe bin ich für die Überlassung des Themas zu großem Dank verpflichtet.

Für die Übernahme des Korreferats danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. med. G. Winter.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr. med. F. Miltner für seine Unterstützung und Hilfsbereitschaft.

Lebenslauf

Ich wurde am 28.11.1954 als Tochter des Dipl.-Ing. Friedrich Halberschmidt und seiner Frau Elisabeth, geb. Steimann, in Düren Lkrs. Aachen geboren.

Von 1961 - 1964 besuchte ich die Volksschule in Merkstein Lkrs. Aachen und ab 1964 das Städtische Gymnasium Herzogenrath Lkrs. Aachen, wo ich 1973 die Reifeprüfung ablegte. Das Medizinstudium begann ich 1973 an der Universität Lüttich (Belgien) und setzte es ab 1975 an der Universität Würzburg fort. Dort legte ich 1976 das Physikum, 1977 die erste Ärztliche Prüfung, 1979 die zweite Ärztliche Prüfung und im Frühjahr 1980 die dritte Ärztliche Prüfung ab.

Am 13. Juni 1980 heiratete ich den Zahnarzt Dr. Peter Bechmann. Seit 1. Juli arbeite ich als Assistenzärztin in der Abteilung für Unfallchirurgie des Kreiskrankenhauses Schwäbisch Gmünd.

Maria Bechmann

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80